

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-307329

(43)Date of publication of application : 29.10.1992

(51)Int.Cl.

G01D 5/38

G01D 5/34

(21)Application number : 03-098238

(71)Applicant : COPAL CO LTD

(22)Date of filing : 03.04.1991

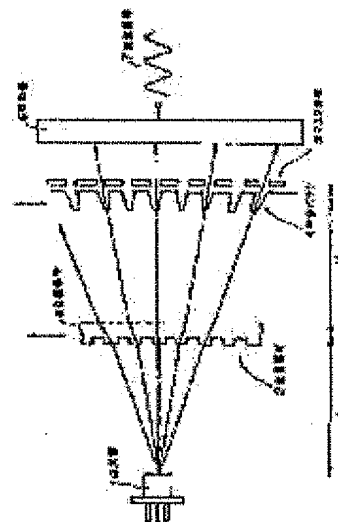
(72)Inventor : FUKUDA TAKUMI
KOMURA ATSUSHI
TAKAGI MASAOKI

(54) OPTICAL DISPLACEMENT DETECTING APPARATUS

(57)Abstract:

PURPOSE: To lower the manufacturing cost of a laser encoder and to improve the detecting accuracy of displacement by improving a diffraction grating for forming an enlarged interference pattern.

CONSTITUTION: A laser encoder is provided with a point light source 1 which emits a coherent light, and a shifting member 2 which shifts to traverse the coherent light. A phase grating 3 is formed in the shifting member 2 so as to generate an enlarged interference pattern 4 which diffracts the coherent light and moves in the shifting direction. The enlarged interference pattern 4 is detected by a detector 6 through a mask member 5, when an electric signal 7 indicating the shift of the shifting member 2 is output. The phase grating 3 can be obtained easily by stamping or molding the shifting member 2 formed of an optical material. The obtained interference pattern 4 includes interference fringes of high density, so that the resolving power is improved. Even when various kinds of parameters of the laser encoder are changed, the interference pattern 4 has a constant visibility at all times. Since the phase grating 3 forms the interference pattern 4 by adding the phase difference to the coherent incident light, the diffraction loss is small, and tone contrast is improved.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-307329

(43) 公開日 平成4年(1992)10月29日

(51) Int. Cl.⁵

G 0 1 D 5/38
5/34

識別記号

庁内整理番号

A 7617-2F
D 7617-2F

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数10(全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平3-98238

(22) 出願日 平成3年(1991)4月3日

(71) 出願人 000001225

株式会社コバル
東京都板橋区志村2丁目16番20号

(72) 発明者 福田 拓己

東京都板橋区志村2丁目16番20号 株式会
社コバル内

(72) 発明者 小村 敦

東京都板橋区志村2丁目16番20号 株式会
社コバル内

(72) 発明者 高木 正明

東京都板橋区志村2丁目16番20号 株式会
社コバル内

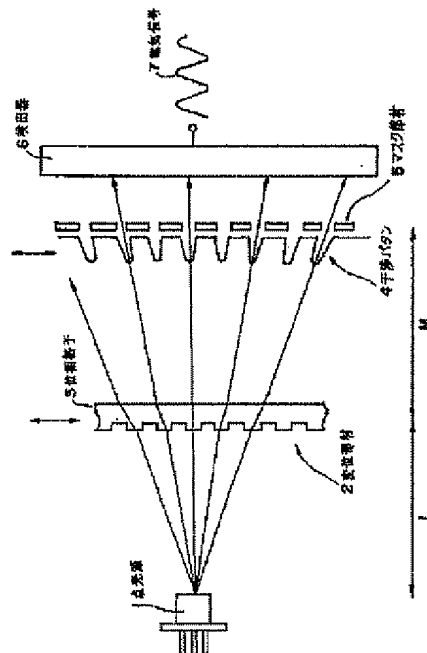
(74) 代理人 弁理士 鈴木 晴敏

(54) 【発明の名称】 光学式変位検出装置

(57) 【要約】

【目的】 コヒーレントな点光源回折を利用したレーザエンコーダにおいて、拡大干渉パターンを形成する為の回折格子を改良して、レーザエンコーダの製造コストを下げ且つ変位検出精度を向上させる事を目的とする。

【構成】 レーザエンコーダは、コヒーレント光を放射する点光源1と、コヒーレント光を横切る様に変位する変位部材2とを備えている。変位部材2には、位相格子3が形成されており、コヒーレント光を回折して変位方向に移動する拡大干渉パターン4を生成する。この拡大干渉パターン4はマスク部材5を介して検出器6により受光され、変位部材2の変位を表わす電気信号7が出力される。位相格子3は光学材料からなる変位部材2をスタンピングあるいはモールディングで加工する事により容易に形成できる。得られた干渉パターン4は高密度の干渉縞を含んでおり分解能が向上する。レーザエンコーダの各種パラメータが変動しても干渉パターン4は常に一定の鮮明度を有する。位相格子3はコヒーレントな入射光に対して位相差を与える事により干渉パターン4を生成するので回折損失が少くコントラストが向上する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 コヒーレント光を放射する点光源と、コヒーレント光を横切る様に変位する変位部材と、変位部材に形成されておりコヒーレント光を回折して変位方向に移動する拡大干渉パターンを生成する為の回折格子と、拡大干渉パターンを受光して変位部材の変位を検出する為の検出器とからなる光学式変位検出装置において、該回折格子は位相格子である事を特徴とする光学式変位検出装置。

【請求項2】 該位相格子は、変位方向に沿って板状に連続しており且つ周期的な光路変化を有する光学周期構造からなり、コヒーレント光に対して周期的な位相差を与えてその回折を行なう事を特徴とする請求項1に記載の光学式変位検出装置。

【請求項3】 該光学周期構造は、周期的な凹凸表面を有する光学媒質層からなる事を特徴とする請求項2に記載の光学式変位検出装置。

【請求項4】 該凹凸表面は、矩形、三角形又は波形の凹凸表面である事を特徴とする請求項3に記載の光学式変位検出装置。

【請求項5】 該光学周期構造は、周期的な凹凸境界面を介して重ねられた異なる屈折率を有する光学媒質層からなる事を特徴とする請求項2に記載の光学式変位検出装置。

【請求項6】 該光学周期構造は、周期に従って交互に区分された異なる屈折率を有する光学媒質の区画列からなる事を特徴とする請求項2に記載の光学式変位検出装置。

【請求項7】 該光学周期構造は、光透過型である事を特徴とする請求項2に記載の光学式変位検出装置。

【請求項8】 該光学周期構造は、光反射型である事を特徴とする請求項2に記載の光学式変位検出装置。

【請求項9】 該光学周期構造は、コヒーレント光の波長に対して特定の整数比率の関係にある実効的光路変化分を有しており、周期に対応した主ピーク及び主ピーク間に位置する副ピークとを同時に含む拡大干渉パターンを生成する事を特徴とする請求項2に記載の光学式変位検出装置。

【請求項10】 該光学周期構造は、コヒーレント光の波長に対して特定の整数比率の関係にある実効的光路変化分を有しており、周期に対応した主ピークのみを含む拡大干渉パターンを所定位置に結像可能である事を特徴とする請求項2に記載の光学式変位検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は点光源回折を利用したレーザロータリエンコーダやレーザリニアエンコーダ等の光学式変位検出装置に関し、特にエンコーダ板に形成される回折格子の構造に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来からコヒーレントな点光源からの球面波による回折現象を利用したレーザロータリエンコーダが提案されている。点光源による回折像を用いると、物体（例えば一次元回折格子）の移動に伴いその回折像は影絵の場合と同じく移動する。又この場合の回折パターンあるいは干渉パターンは、光源と回折格子及び回折格子と光検出器との距離の比率により拡大する事が可能で、回折格子の微小な移動量あるいは変位量を拡大光学系なしで非常に簡単に検出できる。この事を利用して半導体レーザと数μピッチの放射状回折格子を用いて高性能且つ高分解能のレーザロータリエンコーダが得られる。この形式のエンコーダは構造が比較的簡単な上、光検出器とエンコーダ板との間の距離が比較的大きくとれる為、衝撃や振動といった機械的ショックにも強いという特徴がある。

【0003】 図15は従来の点光源回折を用いたレーザエンコーダを示す模式図である。点光源101からは波長λのコヒーレントな光が光軸に沿って射出される。点光源101の前方距離Lの所には矢印で示す様に双方向に移動可能な変位スリット部材102が配置されている。この部材102には回折格子103が形成されている。この回折格子は周期又はピッチTを有する複数のスリットで構成されている。移動する回折格子103をコヒーレントな光で照射すると回折格子103の前方距離Mの所に干渉パターン104が結像される。干渉パターン104は所定の空間周期Pで配列された明暗の縞模様からなる。この干渉パターン104は見掛け上回折格子103の拡大投影像であり回折格子の移動に応じて移動する。この干渉パターン104は固定スリット部材105を介して光検出器106により受光され、変位スリット部材102の変位を表わす電気信号107が得られる。

【0004】 ところで鮮明な干渉パターンを得る為には、いわゆるフレネル回折理論に従って条件式

$$\{(M+L) \times T \times T\} / (M \times L \times \lambda) = G/H$$

(G, Hは整数)を満たす必要がある。即ち、この条件式を満たす様にレーザエンコーダの各パラメータL, M, λ及びTを設定してやれば鮮明度の大きな干渉パターンが得られる。その時の干渉パターンの空間周期あるいは縞間隔Pは倍率式

$$P = (M+L) \times T / (L \times G)$$

によって表わされる。この倍率式で示す様に、干渉パターンの周期あるいは縞間隔Pは回折格子のピッチTを倍率(M+L)/Lで拡大したものである。

【0005】 次に、図16に干渉パターンの強度分布を示す。この強度分布は前述した条件式を満たす様に各パラメータの値を設定しシミュレーション演算して得られたものである。例えば、L=1.445mm, M=19.46mm, λ=0.78μm及びT=5.5μmである。この時には、図16のグラフから明らかな様に極めて鮮明なピークを有する干渉パターンが得られる。

3

【0006】一方図17は前述した条件式から整数G、Hが変化した状態で得られた干渉パタンの強度分布を示す。例えば、パラメータM、λ及びTの値をそのままにし、Lの値を1.445mmから1.4675mmに変化させた場合である。この時には、図17のグラフから明らかな様に、各主ピークの間副ピークが現れてしまい、且つオフセットが生じてしまう。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従来のレーザエンコーダにおいては、一般的に回折格子としてスリット型のものが用いられている。即ち、エンコーダ板の表面に多数のスリットを刻み、各スリットからの回折光相互の干渉により干渉パターンを得る様にしている。かかるスリット型の回折格子は、エンコーダ板を構成するガラス基板の上にフォトリソグラフィ及びエッチングを用いて細かいスリットを形成して設けていた。この為、製造コストがかかり非常に高価であってコストダウンの障害になるという問題点がある。

【0008】従来のスリット型回折格子は光透過部と光遮断部が交互に配列された構造となっている。光遮断部に入射したコヒーレント光は干渉パタンの結像に関与せず比較的大きな回折損失を生じていた。従って、得られた干渉パタンのコントラストが小さいという問題点がある。

【0009】又、前述した様にスリット型からなる通常の回折格子を用いた場合には、鮮明な干渉パターンを得るために前述した条件式

$$\{(M+L) \times T \times T\} / (M \times L \times \lambda) = G/H$$

を正確に満たす様に各種パラメータを設定する必要がある。しかしながら、実際にはエンコーダ板自体の反りやうねり等の変形を完全に除去する事は難しく、又機械的衝撃等の外乱を受けるので、特にパラメータLを一定に維持する事は困難である。パラメータLが変動すると図16のグラフと図17のグラフとの比較から明らかな様に干渉パタンの鮮明度が低下したりノイズが発生するという問題点が生ずる。

【0010】そこで本発明は、従来のスリット型回折格子に比べて低価格で製造可能であり且つ干渉パタンの結像に厳しい条件が要求されない改良された回折格子を用いてレーザエンコーダを構成する事を目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】図1を参照して、上述した従来の技術の課題を解決するための手段を簡潔に説明する。図示する様に、本発明にかかる光学式変位検出装置は、コヒーレント光を放射する点光源1と、コヒーレント光を横切る様に変位する変位部材2とを有する。変位部材2には回折格子の一種である位相格子3が形成されており、コヒーレント光を回折して変位方向に移動する拡大干渉パターン4を生成する。この拡大干渉パターン4はマスク部材5を介して検出器6により受光され、変位

4

部材2の変位を表わす電気信号7が出力される。本発明は、従来のスリット型回折格子に代えて、変位部材2に形成された位相格子3を用いる点に特徴がある。

【0012】この位相格子3は、変位方向に沿って板状に連続しており且つ周期的な光路変化を有する光学周期構造からなる。かかる構造により、コヒーレント光に対して周期的な位相差を与え、その回折を行なう作用を有する。かかる光学周期構造は、周期的な凹凸表面を有する光学媒質層からなる。この凹凸表面は図示する様に矩形に加工されている。ただし、必ずしも矩形に限られるものではなく、三角形あるいは波形の凹凸表面であっても良い。さらに、光学周期構造は、凹凸表面を有する光学媒質層から構成できるばかりでなく、他の態様としては例えば周期的な凹凸境界面を介して重ねられた異なる屈折率を有する光学媒質層を用いて位相格子3を形成する事もできる。あるいは、特に凹凸面を利用しなくても、例えば所定の空間周期に従って交互に区分された異なる屈折率を有する光学媒質の区画列を用いて位相格子3を構成する事もできる。図1に示す例では、位相格子3は光透過型であるがこれに限られるものではなく光反射型の位相格子を用いる事も可能である。

【0013】

【作用】引き続き図1を参照して本発明の作用を簡潔に説明する。位相格子3の有する光学周期構造は、コヒーレント光の波長λに対して特定の整数比率の関係にある実効的光路変化分を有している。図1に示す様に位相格子3が矩形の周期的凹凸断面を有する場合には、凹凸面の頂部を通過する光路と底部を通過する光路との間の実効的光路変化分即ち実効的光路差はコヒーレント光の波長λの1/2に設定されている。ここで、特に実効的光路差と定義したのは、実際の光路差が実効的な部分である1/2波長分に加えて波長の整数倍に相当する付加的な差分を含んでいても良いことを示している。この様に実効的光路差を設定すると、干渉パターン4は位相格子3の空間周期に対応した主ピークに加えて、主ピーク間に位置する副ピークとを同時に包含するものとなる。図1と、従来例を示す図15とを比較すれば明らかな様に、干渉パターン4のピーク数は2倍となっている。従って、本発明にかかる光学式変位検出装置は従来に比し2倍の検出精度もしくは分解能を有する。

【0014】さらに、図1に示す構造において、特筆すべき事は、干渉パターン4の結像条件に何ら厳しい制限がないということである。図15に示す従来例においては、前述した条件式

$$\{(M+L) \times T \times T\} / (M \times L \times \lambda) = G/H$$

を満たす様に各パラメータを設定し且つ固定する必要があるのに対して、図1に示す本発明の構造においては仮に点光源1と変位部材2との間の距離Lが変動したとしても、干渉パターン4の鮮明度には悪影響を与えない。従って、変位部材2の加工精度に対して従来の様に厳し

5

い形状寸法精度は要求されず、且つ衝撃等の機械的外乱に対しても強い構造となっている。

【0015】次に図2を参照して本発明の他の態様の構成を簡単に説明した上で本発明の作用の説明を続ける。図2に示す態様は図1に示す態様と基本的に同一の構造を有するが、位相格子3の光学周期構造が、コヒーレント光の波長 λ に対して所定の整数比率例えば $1/4$ の関係にある実効的光路変化分を有している点で異なっている。図1に示す例では光路差が $1/2$ 波長分であったのに対して、図2に示す例では $1/4$ 波長分の光路差となっている。かかる構造においては、従来と同様に主ピークのみを含む拡大干渉パターン4が所定位置Mに結像される。即ち、前述した条件式を満たす場合に限り鮮明な干渉パターン4を得る事ができる。かかる場合においても、位相格子3は入射するコヒーレント光を完全に透過するものである為、回折損失が従来のスリット型回折格子に比し著しく低く、大きな明暗のコントラストを有する干渉縞を得る事ができる。

【0016】

【実施例】以下図面を参照して本発明の好適な実施例を詳細に説明する。図3は、本発明をレーザロータリエンコーダに適用した実施例を示す模式的斜視図である。図示する様に、レーザロータリエンコーダはコヒーレントな光を射出する点光源例えば半導体レーザ11を備えている。半導体レーザ11の光軸方向前方には、変位部材即ちディスク板12が配置されている。このディスク板12はコヒーレントな光を横切る様に双方向に回転可能である。ディスク板12の円周面に沿って所定の周期あるいはピッチで放射状に配列された複数の凹部が形成されており、位相格子13を構成する。この位相格子13は半導体レーザ11から放射されたコヒーレント光を回折し拡大干渉パターンを生成する。この拡大干渉パターンはディスク板12の回転変位に応じて移動する。ディスク板12の前方には固定されたマスク板15が配置されている。このマスク板15には、拡大干渉パターンのピッチに対応して複数の溝が形成されており、移動する拡大干渉パターンのピークを選択的に透過する様になっている。マスク板15に対面して光検出器16が配置されている。この光検出器16は例えばフォトダイオードアレイあるいはフォトトランジスタアレイから構成されており、マスク板15を通過した干渉パターンのピークを間欠的に受光し、対応する交流電気信号を出力する。この電気信号の周波数はディスク板の回転速度を示しており、電気信号に含まれる波の数はディスク板12の回転量を表わしている。

【0017】図4は本発明にかかる光学式変位検出装置の他の実施例を示す模式的斜視図であり、レーザリニアエンコーダを表わしている。基本的な構造は図3に示すレーザロータリエンコーダと同一であるが、レーザリニアエンコーダの場合には回転変位ではなく直線変位を検

6

出する事を目的としている。図示する様に、レーザリニアエンコーダは半導体レーザ11を備えておりコヒーレントな光を放射する。その前方には、光軸を横切って直線的に変位可能なエンコーダ板12が配置されている。エンコーダ板12の表面には、所定の周期又はピッチで変位方向に整列した複数の凹溝が形成されており、一次元位相格子13を構成している。この一次元位相格子13は入射するコヒーレント光を回折して直線変位方向に移動する拡大干渉パターンを生成する。エンコーダ板12の前方には、マスク板15が固定されている。マスク板15には拡大干渉パターンのピッチに対応した間隔で複数の透過溝が形成されている。このマスク板15に対面して長尺形の光検出器16が配置されている。光検出器16はマスク板15を透過した拡大干渉パターンのピークを間欠的に受光し、対応する交流電気信号を出力する。この電気信号の周波数はエンコーダ板12の直線変位速度を表わしており、電気信号に含まれる波の数はエンコーダ板12の直線変位量を表わしている。

【0018】次に図5ないし図10を参照して本発明の要部をなす位相格子の様々な例を説明する。まず、図5に示す例においては、変位部材2は板状であり屈折率 n の光学媒質層から構成されている。なお、図5は変位部材2の変位方向に沿って切断した断面を部分的に示すものである。変位部材2の表面には略矩形の凹凸が形成されており位相格子3を構成する。即ち、位相格子3は変位方向に沿って板状に連続しており且つ周期的な光路変化を有する光学周期構造からなる。かかる構造により、入射コヒーレント光に対して周期的な位相差を与えてその回折を行ない拡大干渉パターンを形成するものである。この光学周期構造は入射するコヒーレント光の波長 λ に対して特定の整数比率の関係にある実効的光路変化分あるいは実効的光路差を有している。即ち、周期的な凹凸面の頂部を通過する最大光路MAXと底部を通過する最小光路MINとの間には所定の光路差 Δd が有り、本例においては $\Delta d = \Delta S (n - 1) = \lambda / 2$ で表わされる。なお ΔS は凹凸面の溝の深さを表わしている。即ち、本例においては実効光路差は $1/2$ 波長に設定されている。なお、一般的には $1/2$ 波長分の光路差に加えて整数倍分の波長差を含んでも良い。この式から明らかな様に、光路差 Δd は凹凸面の溝の深さに従って決定される。実効光路差が $1/2$ 波長である場合には、最大光路MAXと最小光路MINを通過する光成分の間に位相差 π が生ずる。一般的には $(2K + 1)\pi$ 分の位相差が生ずる。ただしKは整数である。実効的位相差 π を有する光成分は互に干渉し、図1に示す干渉パターンを形成する。即ち、凹凸面の周期に対応した主ピーク及び主ピーク間に位置する副ピークとを同時に含む拡大干渉パターンが生成される。

【0019】これに対して、実効的光路差 Δd を $1/4$ 波長に設定する事もできる。この場合には、実効的位相

差は $(2K \pm 1/2)\pi$ となる。かかる位相差を有する光成分も互に干渉可能であり、図2に示す拡大干渉パターンを結像する。即ち、凹凸面の周期に対応した主ピークのみを含む拡大干渉パターンが所定位置に結像される。

【0020】何れの場合であっても、光路差は凹凸面の溝の深さに従って設定される。かかる光学周期構造を有する位相格子3は例えば所定の金型を用いてポリメタクリル酸メチル等の光学樹脂材料をモールド成形する事により得られる。あるいは、コンパクトディスクの加工と同様に、スタンピング技術を用いて位相格子を形成する事も可能である。この様に、従来のスリット型回折格子に比べて比較的安価に位相格子を有するエンコーダ板を大量生産する事が可能である。

【0021】図6に示す例においては、位相格子3の光学周期構造は、周期的な凹凸境界面を介して重ねられた異なる屈折率を有する光学媒質層から構成されている。即ち矩形の凹凸境界面31を介して屈折率 n_1 の光学媒質層32と屈折率 n_2 の光学媒質層33が重ね合わされている。かかる光学周期構造の実効的光路差 Δd は $\Delta S(n_1 - n_2)$ で表わされる。ただし、 ΔS は凹凸境界面の溝の深さを表わしている。この実効的光路差 Δd を $1/2$ 波長に設定する事により、図1に示す高密度拡大干渉パターンが得られる。一方、この実効的光路差を $1/4$ 波長に設定する事により、図2に示す拡大干渉パターンが得られる。図5に示す例においては凹凸面が露出していたのに対して、本例においてはエンコーダ板2は平坦な表裏面を有している。この為、図5に示す例に比べて取り扱いが容易になる。

【0022】図7に示す例においては、位相格子3の光学周期構造は、所定の周期に従って交互に区分された異なる屈折率を有する光学媒質の区画列から構成されている。即ち、エンコーダ板2は屈折率 n_1 を有する光学媒質からなる区画21と屈折率 n_2 を有する光学媒質からなる区画22とが所定の周期で交互に配列された構造となっている。かかる光学周期構造における実効的光路差 Δd は $S(n_1 - n_2)$ で表わされる。ただし S はエンコーダ板2の厚みである。この光路差 Δd を $1/2$ 波長あるいは $1/4$ 波長分に設定する事により、図5に示す位相格子と等価な位相格子を得る事ができる。かかる構造を有する位相格子を形成するには、例えば相転移型の光学結晶層に対して所定の空間周期でレーザービームを照射し光学結晶層の選択的相転移を起こさせ、局部的に屈折率を変化させる。この様に、図7に示す構造は何ら機械的加工を要する事なく製造できるので、加工上大きなメリットがある。

【0023】上述した3個の例は何れも光透過型の位相格子であったが、図8に示す例は光反射型である。即ち、エンコーダ板2の表面には矩形の周期的な凹凸が形成されている。その上には反射膜23が被覆されている。この反射型の光学周期構造の実効光路差 Δd は $2 \times$

ΔS で表わされる。ただし、 ΔS は凹凸面の溝の深さを表わしている。

【0024】図9に示す例は上述の各例と異なり、エンコーダ板2の表面には三角形の凹凸面が形成されている。かかる光学周期構造も位相格子3を構成し、拡大干渉パターンを結像する事ができる。三角形の頂部を通過する最大光路MAXと三角形の谷部を通過する最小光路MINとの間には所定の光路差 $\Delta d = \Delta S(n - 1)$ が設定されている。ただし、 ΔS は谷の深さを表わしている。この光路差 Δd を 1 波長分に設定した場合には、図1に示す高密度の拡大干渉パターンが得られる。一方、光路差 Δd を $1/2$ 波長分に設定した場合には図2に示す通常の拡大干渉パターンが得られる。

【0025】最後に図10に示す例においては、エンコーダ板2は波形の凹凸面を有している。この波形は例えば正弦波に沿って加工される。波形凹凸面の頂部を通過する最大光路MAXと底部を通過する最小光路MINとの間には所定の光路差 $\Delta d = \Delta S(n - 1)$ が設定されている。ただし、 n はエンコーダ板2を構成する光学媒質層の屈折率を表わし、 ΔS は波形の振幅距離を表わしている。この光路差 Δd を $3/4$ 波長分に設定した時には、図1に示す高密度の拡大干渉パターンを得る事ができる。一方、光路差 Δd を $3/8$ 波長分に設定した場合には、図2に示す通常の拡大干渉パターンを結像する事ができる。光路差を $3/4$ 波長分に設定した場合には、コヒーレント光に生ずる位相差は $3/2\pi$ となり、光路差を $3/8$ 波長分に設定した場合には、位相差は $3/4\pi$ となる。

【0026】

【発明の効果】最後に図11ないし図14を参照して本発明の効果を詳細に説明する。図11のグラフは図1に示す構成により得られた拡大干渉パターンの強度分布を表わしている。なお、この強度分布をシュミレーション演算により得るに当たって、図16に示す従来例の演算結果との比較を容易にする為、各パラメータの数値を同一に設定している。即ち、コヒーレント光の波長 λ は $0.78\mu\text{m}$ 、位相格子3の空間周期あるいはピッチ T は $5.5\mu\text{m}$ 、点光源1と変位部材2との間の距離 L は 1.445mm 、及び変位部材2とマスク部材5との間の距離 M は 19.46mm である。なお変位部材2の板厚 S は 1.6mm に設定されている。なお、シュミレーション演算結果は実際の強度分布を忠実に表している。図11のグラフから明らかな様に、拡大干渉パターンは-2次、-1次、0次、1次、2次等で表わされる様に位相格子3の周期に対応した主ピークを有している。加えて、各主ピークの間には略同等の強度を有する副ピークが存在している。この図11のグラフを図16に示す従来例のグラフと比較してみれば明らかな様に、本発明によれば拡大干渉パターンは干渉縞の密度が2倍となっている。従って、従来に比べて2倍の分解能を有しており、より精

密な変位測定を行なう事ができる。

【0027】図12に示すグラフは、パラメータLのみを1.445mmから1.4675mmに変化させた場合における拡大干渉パタンの強度分布を示す。図から明らかな様に、拡大干渉パタンのコントラストあるいは鮮明度は何ら損なわれていない。ただし、各ピークを結ぶ包絡線の形状は図11と比較して変化しているが測定精度に影響を与える事はない。これに対して、図17のグラフに示す様に、従来例においてパラメータLの値を最適条件1.445mmから1.4675mmに変化させると、主ピークに加えて副ピークが表れるものの、大きなオフセットが生じてしまい干渉縞のコントラストが悪化する。この様に、本発明によれば、点光源とエンコーダ板との間の距離等のパラメータが変動しても常に鮮明な干渉パターンが得られる。従って、エンコーダ板に多少の反りやうねりが残されていても測定精度に悪影響を与えないので、結果的に装置自体の機械的精密度を高める必要がなく、コストダウンに繋がる。又、衝撃等による外部要因に対しても悪影響を受けないので安定した変位検出を行なう事のできる装置が可能となる。

【0028】図13に示すグラフは、図2の構成により得られる拡大干渉パタンの強度分布を示す。先の例と同様に、図16及び図17に示す従来例との比較を容易にする為に、パラメータLを除いて、残りのパラメータを同一値に設定している。本例においては、パラメータLを1.4675mmに設定した時所定距離Mに鮮明な干渉パターンが結像された。この干渉パターンは-2次、-1次、0次、1次及び2次等で示される様に主ピークのみを含んでいる。

【0029】一方、図14に示すグラフはパラメータLの値のみを例えば1.445mmに変化させた場合に得られる干渉パタンの強度分布を示している。図から明らかな様に、主ピークの間に副ピークが表れるものの全体にオフセットが生じる為干渉パタンのコントラストが悪くなる。従って、図2の構成においては、図1に示す構成と異なり各パラメータの値を正確に設定する必要がある。この関係は図16及び図17に示す従来の測定結果と同様である。ただし、図16に示す従来例においては主ピークのみを得る為のパラメータLの値が1.445mmであったのに対して、図13に示す例においてはパラメータLを1.4675mmに設定した時鮮明な干渉パターンを得る事ができた。これらの結果から、図2の構成に用いられた位相格子は実質的に図15に示す従来例に用いられたスリット型回折格子103と光学的に等価な機能を有している事が分る。しかしながら、製造上の観点から見ると、スリット型回折格子に比べて位相格子の加工はスタンピングやモールドイングを用いて極めて容易に行なう事ができるので部品コストの面から有利である。加えて、従来用いられたスリット型位相格子は光透

過部と光遮断部が交互に配列された構造を有するので、必然的に回折損失が生じるのに対して、本発明に用いられる位相格子は原理的にこのような回折損失が生じないので、得られた拡大干渉パタンの絶対的なコントラストが従来に比し著しく向上するという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかる光学式変位検出装置の一態様を示す模式図である。

【図2】本発明にかかる光学式変位検出装置の他の態様を示す模式図である。

【図3】本発明をレーザロータリエンコーダに適用した例を示す斜視図である。

【図4】本発明をレーザリニアエンコーダに適用した例を示す斜視図である。

【図5】本発明にかかる位相格子の第1実施例を示す断面図である。

【図6】本発明にかかる位相格子の第2実施例を示す断面図である。

【図7】本発明にかかる位相格子の第3実施例を示す断面図である。

【図8】本発明にかかる位相格子の第4実施例を示す断面図である。

【図9】本発明にかかる位相格子の第5実施例を示す断面図である。

【図10】本発明にかかる位相格子の第6実施例を示す断面図である。

【図11】図1に示す構成により得られた拡大干渉パタンの強度分布を示すグラフである。

【図12】図1に示す構成により得られた拡大干渉パタンの強度分布を示すグラフである。

【図13】図2に示す構成により得られた拡大干渉パタンの強度分布を示すグラフである。

【図14】図2に示す構成により得られた拡大干渉パタンの強度分布を示すグラフである。

【図15】従来の光学式変位検出装置の構造を示す模式図である。

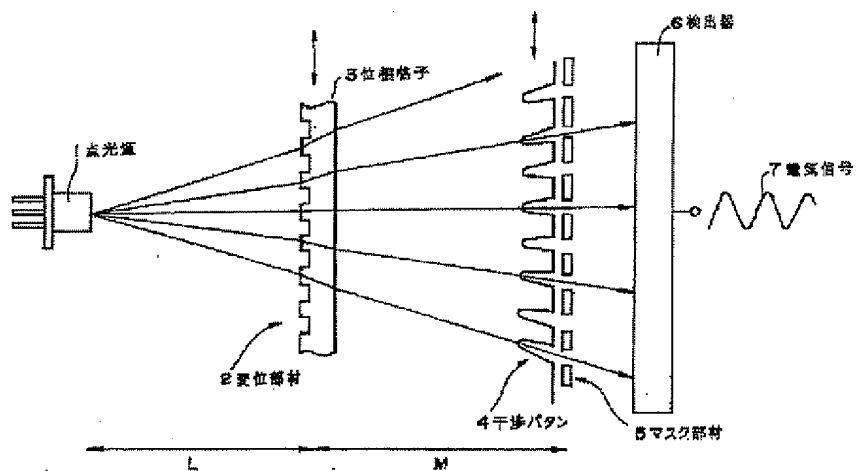
【図16】図15に示す従来例により得られた拡大干渉パタンの強度分布を示すグラフである。

【図17】図15に示す従来例により得られた拡大干渉パタンの強度分布を示すグラフである。

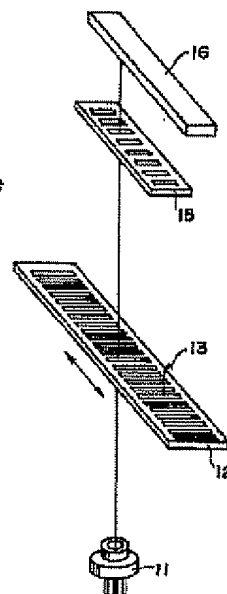
【符号の説明】

- 1 点光源
- 2 変位部材
- 3 位相格子
- 4 干渉パターン
- 5 マスク部材
- 6 検出器
- 7 電気信号

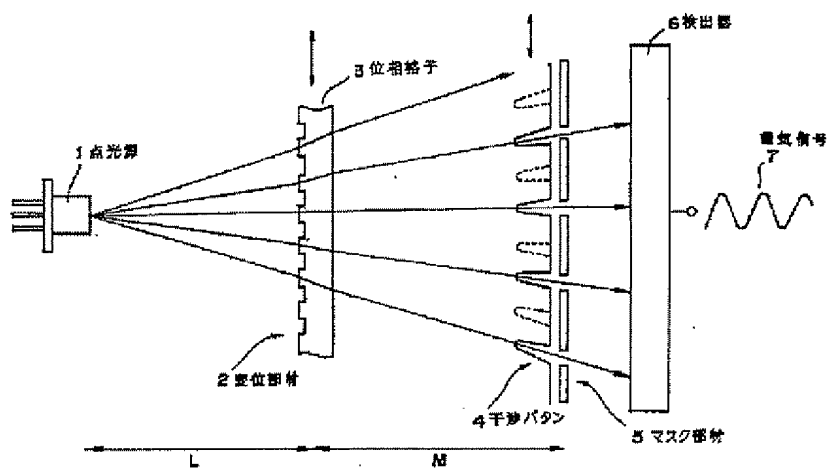
【図1】



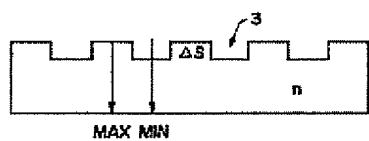
【図4】



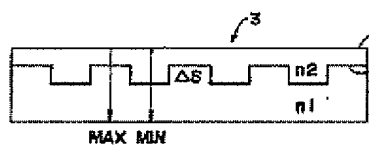
【図2】



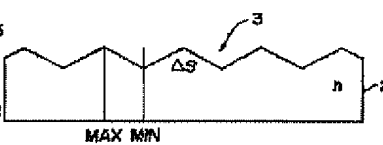
【図5】



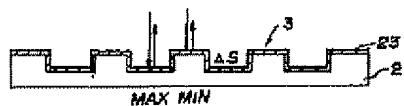
【図6】



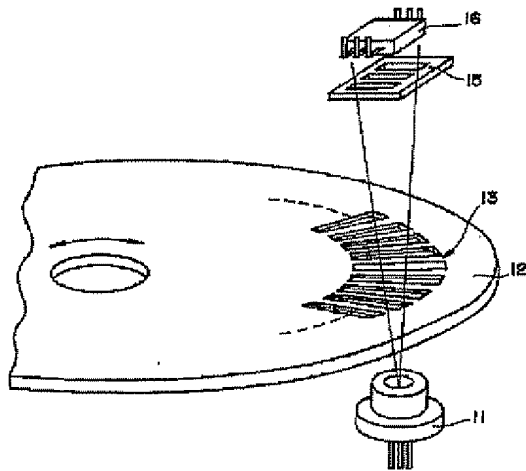
【図9】



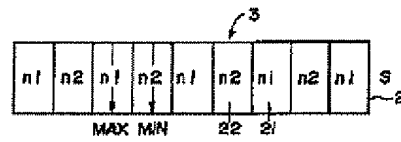
【図8】



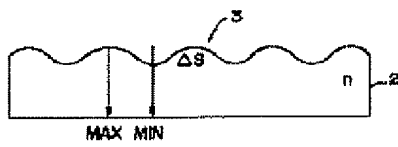
【図3】



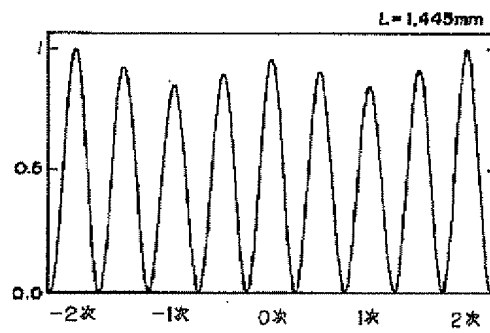
【図7】



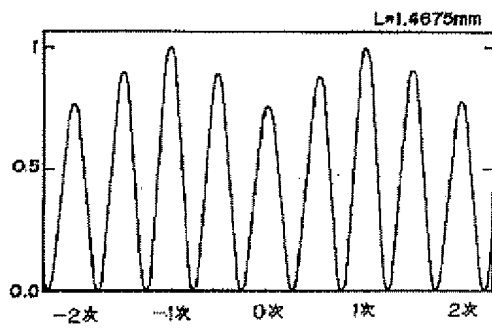
【図10】



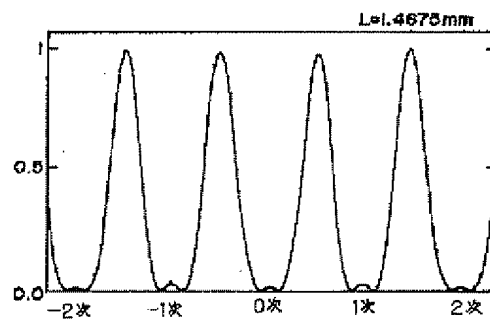
【図11】



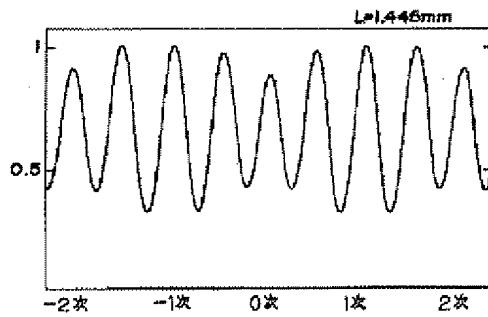
【図12】



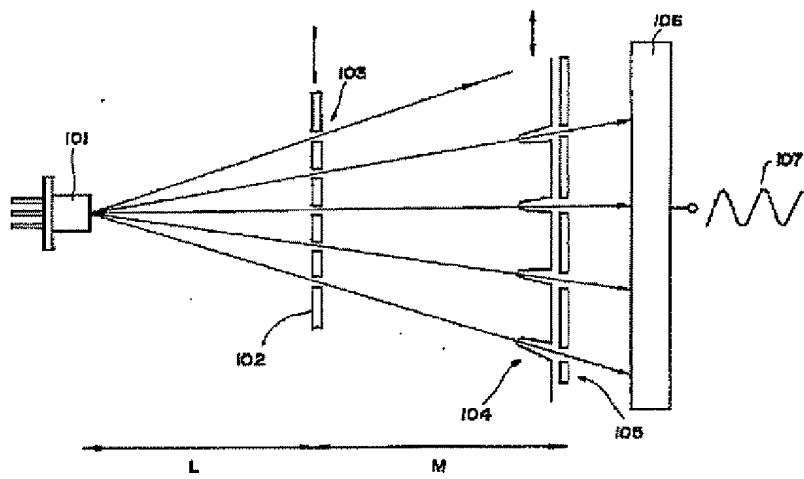
【図13】



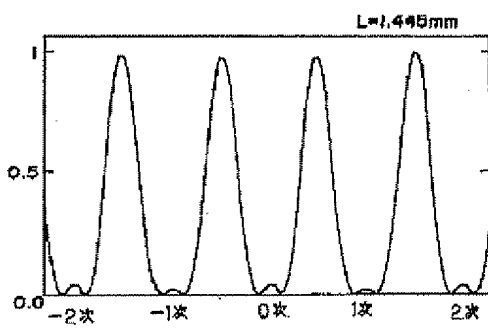
【図14】



【図15】



【図16】



【図17】

